

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Hiroto SUGAHARA

Conf.

Application No. NEW NON-PROVISIONAL

Group

Filed February 24, 2004

Examiner

OPTICAL TRANSMISSION LINE AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

CLAIM TO PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

February 24, 2004

Sir:

Applicant(s) herewith claim(s) the benefit of the priority filing date of the following application(s) for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2003-117128	April 22, 2003

Certified copy(ies) of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

Benoit Castel

Benoit Castel, Reg. No. 35,041
745 South 23rd Street
Arlington, VA 22202
Telephone (703) 521-2297
Telefax (703) 685-0573
703) 979-4709

BC/ia

Attachment(s): 1 Certified Copy(ies)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 2 2 日
Date of Application:

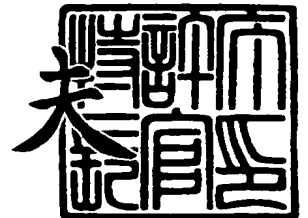
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 7 1 2 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 1 7 1 2 8]

出 願 人 日 本 電 気 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 0 6 0 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 33509985
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 10/02
H04B 10/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日
本電気株式会社内

【氏名】 菅原 弘人

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100109313

【弁理士】

【氏名又は名称】 机 昌彦

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100085268

【弁理士】

【氏名又は名称】 河合 信明

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100111637

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷澤 靖久

【電話番号】 03-3454-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 191928

【納付金額】 21,000円

【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成 1 4 年度
通信・放送機構委託研究、産業活
力再生特別措置法第 3 0 条の適
用を受けるもの）

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0213988

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を発生させる光送信器と、前記光信号を受信する光受信器と、前記光送信器と前記光受信器との間に接続された光伝送路と、前記光伝送路内に分散配置された複数の光増幅中継器を備える光伝送システムであって、前記光伝送路は前記複数の光増幅中継器によって複数のスパンに区画され、前記複数のスパンのうち光信号を伝送する伝送路ファイバが配置された伝送スパンには、前記伝送路ファイバにより生じる波長分散を補償する実質的に伝送距離として加算されない複数の分散補償素子が具備され、前記複数の分散補償素子は、前記伝送スパンの前後に配置された光増幅中継器内または前記伝送スパン内の任意の場所のうちの複数箇所に分散配置されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、前記複数の分散補償素子のうちの 1 つが、前記光増幅中継器内に配置されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の光伝送システムであって、前記光増幅中継器内には光信号を集中的に増幅する集中増幅器が具備されており、前記集中増幅器は、前記光増幅中継器内に配置された分散補償素子の後段に配置されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 4】 請求項 2 に記載の光伝送システムであって、前記光増幅中継器内には光信号を分布増幅するための励起光源と、前記励起光を前記伝送路ファイバに入射する励起光入射手段とが具備されており、前記励起光入射手段は、前記光増幅中継器内に配置された分散補償素子の前段に配置されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項5】 請求項1から請求項4のいずれか一つに記載の光伝送システムであって、
前記伝送路ファイバは、実効コア断面積 $100\mu\text{m}^2$ 以上である単一種類のファイバである、
ことを特徴とする光伝送システム。

【請求項6】 請求項1から請求項5のいずれか一つに記載の光伝送システムであって、
前記分散補償素子は、分散値が $-200\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下の分散補償ファイバである、
ことを特徴とする光伝送システム。

【請求項7】 請求項1から請求項6のいずれか一つに記載の光伝送システムであって、
前記伝送スパンの蓄積分散変動量が $500\text{ps}/\text{nm}$ 以下である、
ことを特徴とする光伝送システム。

【請求項8】 請求項1から請求項7のいずれか一つに記載の光伝送システムであって、
前記伝送路ファイバの総波長分散値と、前記複数の分散補償素子の総波長分散値との和の絶対値が、 $20\text{ps}/\text{nm}$ 以上 $60\text{ps}/\text{nm}$ 以下である、
ことを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、伝送路で分散補償された光伝送システムに関し、特に、1チャネル辺りの伝送レートが 40Gbps 以上、伝送距離が 1000km 以上という高速かつ長距離の波長多重 (Wavelength Division Multiplexed; WDM) 光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、長距離WDM伝送に関する研究開発が盛んに行われている。このような技

術の一例が、下記〔特許文献 1〕及び〔非特許文献 1〕～〔非特許文献 3〕に開示されている。

上記従来技術では、伝送路に配置された光増幅中継器間で、伝送路ファイバの波長分散を補償するための分散補償手段が具備される構成が開示されている。

〔非特許文献 1〕に開示された伝送路構成における伝送スパン内の分散マップを図 1 0 (a) に示す。本構成では、光増幅中継器間の伝送スパンにおいて、正の波長分散値を有する 1 本の純シリカコアファイバ (Pure Silica Core Fiber ; P S C F) と、負の波長分散値を有する 1 本の分散補償ファイバ (Dispersion Compensation Fiber ; D C F) がこの順に接続されている。

〔非特許文献 2〕に開示された伝送路構成における伝送スパン内の分散マップを図 1 0 (b) に示す。この構成では、光増幅中継器間の伝送スパンにおいて、2 本の P S C F の段間に、1 本の D C F が配置されている。

〔特許文献 1〕に開示された伝送路構成における伝送スパン内の分散マップを図 1 0 (c) に示す。〔特許文献 1〕の構成は、〔非特許文献 2〕における D C F を、実質的に線形の分散・分散スロープ補償デバイスで置き換えたものである。上記の〔非特許文献 1〕、〔非特許文献 2〕及び〔特許文献 1〕に開示された技術の 1 つの特徴としては、伝送スパンで分散補償手段 (D C F または分散・分散スロープ補償デバイス) を 1 個だけ配置するという点があげられる。このような伝送路構成では、伝送スパンで蓄積する蓄積分散量が大きく、1 チャネル当たりの伝送レートが 1 0 G b p s や 2 0 G b p s 程度の速度の WDM 伝送においては良好な伝送特性を与える。

【 0 0 0 3 】

しかしながら、光ファイバにおける波長分散性は、1 チャネル当たりの伝送レートの 2 乗に比例して大きくなる。したがって、たとえ同一の分散マップ構成であっても 4 0 G b p s の信号が受ける波長分散性は、1 0 G b p s の信号が受ける波長分散性よりも 1 6 倍大きい。したがって、上記〔非特許文献 1〕、〔非特許文献 2〕及び〔特許文献 1〕に開示された伝送路構成のように、伝送スパン内の蓄積分散値の変動量が大きい伝送路において 4 0 G b p s の信号を伝送する場合、伝送スパン内での蓄積分散値の変動量が大き過ぎるため、光ファイバの自

己位相変調 (Self Phase Modulation ; S P M) と波長分散性の相乗効果により、信号波形が大きく劣化してしまう。

【 0 0 0 4 】

このため、[非特許文献 3] に開示された技術では、各伝送スパン内で、コア拡大型純シリカコアファイバ (Large- A_{eff} Pure Silica Core Fiber ; L A P S C F) と D C F とを複数回反復させる伝送路構成が使用されている。[非特許文献 3] に開示された伝送路構成における伝送スパン内の分散マップを図 1 0 (d) に示す。この構成では、光増幅中継器間の伝送スパンにおいて、2 本の D C F と、2 本の L A P S C F が交互に配置されている。このように、伝送スパン内に複数の正分散ファイバと複数の負分散ファイバを交互に接続する伝送路構成のことを複数回折り返し構成と呼ぶ。複数回折り返し構成では、[非特許文献 1] 、[非特許文献 2] 及び [特許文献 1] で開示されているような 1 回折り返し構成よりも蓄積分散値の変動量を小さくすることができ、1 チャンネル当たりの伝送レートが 4 0 G b p s 以上の WDM 伝送であっても大洋横断距離といった長距離伝送が可能となる。

【 0 0 0 5 】

図 1 1 は、[非特許文献 3] で開示された 2 回折り返し構成の詳細を示している。光伝送路スパン 3 0' には、L A P S C F 5 - 1' 、 5 - 2' と、D C F 6 - 1' 、 6 - 2' とが具備されている。伝送スパン 3 0' の終端には光増幅中継器 4' が具備されており、光増幅中継器 4' 内には、後方励起ラマン増幅を行うための励起光源 4 1' と、励起光源 4 1' から発生する励起光を伝送路ファイバ 5 - 2' へ入射するための WDM カップラ 4 2' とが備えられている。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 2 8 0 9 5 9 公報 (第 4 - 6 頁、図 1)

【非特許文献 1】

T. Naito et al., "1 terabit/s WDM transmission over 10,000km",
European Conference on Optical Communication 1999, PD2-1, September 1999.

【非特許文献 2】

T. Tsuritani et al., "21.4Gbit/s x 56WDM 9170km transmission using symmetrical dispersion managed fiber span", European Conference on Optical Communication 2001, PD.M.1.6, September 2001.

【非特許文献 3】

H. Sugahara et al., "9,000-km transmission of 32 x 42.7 Gb/s dense-WDM signals using 195-um²-Aeff fiber and inverse double-hybrid span configuration", Optical Amplifier and their Applications 2002, PD3, July 2002.

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、[非特許文献 3] に開示された複数回折り返し構成には、以下の 2 つの問題点がある。

1 点目の問題点としては、伝送スパンを構成するファイバが複数種類となる上、異種ファイバどうしの接続箇所が伝送路の伝送スパンの多くの場所で生じることにより、光伝送システム全体の信頼性が低下することがあげられる。例えば、図 1 1 に示す 2 回折り返し構成では、伝送スパンで接続箇所が 3 箇所も生じてしまう。

さらに、2 点目の問題点としては、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易ではないことがあげられる。図 1 1 に示す [非特許文献 3] の従来技術を参照すると、伝送スパンを構成する DCF と LAPSCF とが、伝送スパン内で DCF + LAPSCF + DCF + LAPSCF の順に接続されている。この伝送路構成は、分布増幅方式である全ラマン増幅方式に適しており、この点の詳細については [非特許文献 3] に記述されている。一方、増幅方式が従来のエルビウム添加光増幅器 (Erbium Doped Fiber Amplifier; EDFA) のように集中増幅方式の場合には、各伝送スパン内で LAPSCF + DCF + LAPSCF + DCF の順に接続する場合に良い伝送特性が得られる。なぜならば、LAPSCF に比べて非線形性が大きい DCF での信号光パワーを低く抑えることができるためである。図 1 1 に示す 2 回折り返し構成の場合、分布増幅方式の場合と集中増幅方

式の場合とで増幅器を配置する位置が異なるため、上記 2 つの増幅方式の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易ではないという問題点があった。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、光信号を発生させる光送信器と、前記光信号を受信する光受信器と、前記光送信器と前記光受信器との間に接続された光伝送路と、前記光伝送路内に分散配置された複数の光増幅中継器を備えた光伝送システムであって、前記光伝送路は前記複数の光増幅中継器によって複数のスパンに分割され、前記複数のスパンのうち光信号を伝送する伝送路ファイバが配置された伝送スパンには、前記伝送路ファイバにより生じる波長分散を補償する実質的に伝送距離として加算されない複数の分散補償素子が具備され、前記複数の分散補償素子は、前記伝送スパンの前後に配置された光増幅中継器内または前記伝送スパン内の任意の場所のうちの複数箇所に分散配置されていることを特徴とする光伝送システムが提供される。

好ましくは、前記複数の分散補償素子のうちの 1 つが、前記光増幅中継器内に配置されていることが望ましい。

また、前記光増幅中継器内に光信号を集中的に増幅する集中増幅器が具備されている場合には、前記集中増幅器は、前記光増幅中継器内に配置された分散補償素子の後段に配置されていることが望ましい。

さらに、前記光増幅中継器内に光信号を分布増幅するための励起光入射手段が具備されている場合には、前記励起光入射手段は、前記光増幅中継器内に配置された分散補償素子の前段に配置されていることが望ましい。

本発明によれば、前記光増幅中継器内に具備された分散補償素子の相対的な配置位置を変えるだけで、前記 2 つの増幅方式に対してそれぞれ最適な伝送路構成が実現できるため、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易である。

本発明に用いる伝送路ファイバとしては、実効コア断面積が $100\ \mu\text{m}^2$ 以上である単一種類のファイバであることが望ましい。また、本発明に用いる分散補償素子としては、分散値が $-200\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下の分散補償ファイバであることが望ましい。

本発明の一つの特徴として、前記複数の分散補償素子は、前記伝送スパンの前後に配置された光増幅中継器内または前記伝送スパン内の任意の場所のうちの複数箇所に分散配置されていることがあげられる。これは、前記伝送スパン内で生じる蓄積分散の変動量が極端に大きくならないようにするためである。具体的には、前記伝送スパン内で生じる蓄積分散の変動量が 500 ps/nm 以下であることが望ましい。

さらに、前期伝送路ファイバの総波長分散値と、前記複数の分散補償素子の総波長分散値との和の絶対値が、 20 ps/nm 以上 60 ps/nm 以下であることが望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1を参照すると、本発明の光伝送システムの一実施形態は、光送信器1が光受信器2とともに設けられている。光送信器1と光受信器2とは、光伝送路3によって接続されている。光伝送路3内には複数の光増幅中継器4が分散配置されており、また複数の分散補償素子6を備える。光伝送路3は複数の光増幅中継器4により複数のスパン30または31に分割される。スパン30は光信号を送送するための伝送路ファイバ5を含む伝送スパンを示しており、スパン31は光信号を送送するための伝送路ファイバ5を含まないスパンを示している。

【0010】

図2を参照して、伝送スパン30の第1の実施例についてより詳細な説明を行う。図2(A)に示すように、伝送スパン30には、2本の伝送路ファイバ5-1、5-2と、伝送路ファイバ5-1、5-2により生じる波長分散を補償する分散補償素子6-1、6-2とが具備されている。また、伝送スパン30の終端には伝送路ファイバ5-1、5-2と分散補償素子6-1、6-2とで生じる損失を補償する光増幅中継器4が接続されている。分散補償素子6-1は、2本の伝送路ファイバ5-1と5-2との中間に配置され、分散補償素子6-2は光増幅中継器4内に配置される。光増幅中継器4には、後方励起ラマン増幅を行うための励起光源41と、励起光源41から発生する励起光を送送路ファイバ5-2

へ入射するためのWDMカップラ42とが具備されている。光信号は、伝送路ファイバ5-1、5-2内で当該励起光により増幅される。

【0011】

伝送路ファイバ5-1、5-2には、コア拡大型ピュアシリカコアファイバ (Large A_{eff} Pure Silica Core Fiber; LAPSCF) が用いられる。LAPSCFの波長分散値は $+20 \text{ ps/nm/km}$ 、実効コア断面積は $200 \mu\text{m}^2$ 、伝送損失は 0.175 dB/km である。伝送路ファイバ5-1の長さは 20 km であり、伝送路ファイバ5-2の長さは 20 km である。また、分散補償素子6-1、6-2には、実質的に伝送距離として加算されない小型のデバイスが用いられる。本実施例では、ボビンに巻かれた分散補償ファイバ (DCF) が用いられる。DCFの波長分散値は -400 ps/nm/km 、実効コア断面積は $15 \mu\text{m}^2$ 、伝送損失は 0.3 dB/km である。DCFの長さは、 0.95 km である。このため、分散補償素子6-1、6-2で与えられる波長分散値は -380 ps/nm である。スパン内の分散マップは図2 (B) に示すようになり、スパン内での蓄積分散変動量の最大値は 420 ps/nm となる。

【0012】

図1において、伝送スパン5のうち伝送用の光ファイバが配置されていない伝送スパン31には、光増幅中継器4において生じる利得の非平坦性を補償するための利得等化器9や、伝送スパン30で補償せずに残した分散をほぼ零の値にまで補償するための分散補償素子7が配置される。

図2に示す伝送スパン30の第1の実施例のように、光増幅中継器4における増幅手段が分布増幅である場合、WDMカップラ42は、光増幅中継器4内に具備される分散補償素子6-2の前段に配置されることが望ましい。このように配置することにより、増幅に伴う雑音の発生を小さくすることができ、光受信器2にて良好な伝送特性が得られる。

【0013】

一方、本発明に係る、伝送スパン30の第2の実施例として、光増幅中継器4における増幅手段が集中増幅である場合、集中増幅器43は、図3に示すように光増幅中継器4内に具備される分散補償素子6-2の後段に配置されることが望

ましい。このように配置されることにより、一般的に伝送路ファイバに比べて非線形性が大きい分散補償素子での光信号光パワーを低く抑えることができ、良好な伝送特性が得られる。このように、前記2つの増幅手段に対しては、前記光増幅中継器4内に具備された分散補償素子6-2の相対的な配置位置を変えるだけで、前記2つの増幅方式に対してそれぞれ最適な伝送路構成が実現できるため、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易である。

【0014】

本発明に係る光伝送システムにおける伝送スパン30の第3及び第4の実施例として、図4及び図5に示すように、伝送スパン30において合計4つの分散補償素子が分散配置されている形態であってもかまわない。

【0015】

本発明に用いる伝送路ファイバとしては、実効コア断面積が $100\mu\text{m}^2$ 以上である単一種類のファイバであることが望ましい。

また、本発明による好ましい形態としては、分散補償素子6-1、6-2として、分散値が $-200\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下のDCFが用いられる。このようなDCFは、ファイバ長が短いため、分散補償素子自体の小型化を可能にする。

【0016】

また、本発明による好ましい実施の形態としては、スパン内での蓄積分散変動量の最大値は $500\text{ps}/\text{nm}$ 以下となる。このような形態は、多くの場合、本発明に示すように複数個の分散補償素子をスパン内に分散配置することにより実現されるものである。

【0017】

このように配置されることによる効果を、以下に示す伝送シミュレーション結果をもとに説明する。本伝送シミュレーションにおいては、ビットレート 42.7Gbps の光信号を5チャンネル多重し、中央チャンネルにおける伝送ペナルティを評価した。チャンネル間の周波数間隔は 100GHz とし、隣接チャンネル同士の偏波を直交させて伝送路に入射する偏波インターリーブ多重を用いた。伝送路ファイバとしては、LAPSCFを用いた。分散補償素子としては、DCFを用いた。増幅手段はEDFAとし、EDFA出力後の信号光パワーはチャンネル辺りー

2 dBm/chとした。伝送スパン内におけるPSCFと分散補償素子(DCF)の分散値の合計は+40 ps/nmとし、ここで残留する分散を5スパン伝送する毎に補償する構成を採用した。

【0018】

本伝送シミュレーションでは、図3、図5、図6、図7の4つの伝送路構成における伝送特性を比較した。

図3は、伝送スパン内に伝送路ファイバ2本と分散補償素子2台とを配置するもので、分散補償素子は2本の伝送路ファイバの段間ならびに光増幅中継器における増幅手段の直前に配置される構成を示している。この時、伝送スパン内の蓄積分散値の変動量は420 ps/nmとなる。本構成は、本実施例に示した構成と同一である。

図5は、伝送スパン内に伝送路ファイバ4本と分散補償素子4台とを配置するもので、分散補償素子は伝送路ファイバの各段間ならびに光増幅中継器における増幅手段の直前に配置される構成を示している。この時、伝送スパン内の蓄積分散値の変動量は230 ps/nmとなる。本構成は、本発明による他の実施例を示している。

図6は、伝送スパン内に伝送路ファイバ1本と分散補償素子1台とを配置するもので、分散補償素子は光増幅中継器における増幅手段の直前に配置される構成を示している。この時、伝送スパン内の蓄積分散値の変動量は800 ps/nmとなる。

図7は、伝送スパン内に長さの等しい伝送路ファイバ2本と分散補償素子1台とを配置するもので、分散補償素子は2本の伝送路ファイバの段間に配置される。この時、伝送スパン内の蓄積分散値の変動量は760 ps/nmとなる。本構成は、[特許文献1]に開示された構成と同様である。

【0019】

図8に伝送シミュレーションの結果を示す。図8の横軸は伝送距離、縦軸は伝送ペナルティを示している。伝送ペナルティは1.5 dB以下に抑えられていることが望ましい。また、図9には、各構成における6,000 km伝搬後のアイパタンを示す。

伝送スパン内での蓄積分散値の変動量が 500 ps/nm 以下に抑えられている図 3、図 5 の構成では、長距離伝送時でも伝送ペナルティが低く抑えられているが、伝送スパン内での蓄積分散値の変動量が 500 ps/nm 以上となる図 6、図 7 の構成では、伝送距離が $3,000 \text{ km}$ 付近で伝送ペナルティの許容値 1.5 dB を超えてしまう。

図 9 に示すアイパタンにおいても、図 3、図 5 の構成のでは良好なアイ開口が得られている。これらのことから、伝送スパン内の蓄積分散値を 500 ps/nm 以下にすることにより、良好な伝送特性が与えられることがわかる。

【0020】

尚、本発明の第 1 ～ 第 4 の実施例では、分散補償素子 6-1、6-2 の波長分散値として、それぞれの分散補償素子の前段に配置された伝送路ファイバでの波長分散量が完全に零になるまで補償せず、それぞれ $+20 \text{ ps/nm}$ の分散を残している。このような構成をとる理由は、WDM 伝送を行う場合に、SPM に加え隣接チャネル間の相互位相変調 (Cross Phase Modulation; XPM) による波形劣化を低減させるためである。

本発明による好ましい実施の形態としては、伝送路ファイバ 5-1、5-2 の総波長分散値と、分散補償素子 6-1、6-2 の総波長分散値との和の絶対値が、 20 ps/nm 以上 60 ps/nm 以下となる。

【0021】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の光伝送システムによれば以下の効果を奏す。

第 1 の効果は、[発明が解決しようとする課題] の 1 点目に示した、伝送スパンを構成するファイバが複数種類となる問題点が解決されることである。つまり、本発明によれば、伝送路を構成するファイバが単一種類となり、伝送スパンで異種のファイバどうしの接続箇所が減少することにより、光伝送システム全体の信頼性が改善される。図 2 に示す本発明による技術と、図 11 に示す [非特許文献 3] に開示された従来技術を比較すると、従来技術では伝送路に 2 種類のファイバが存在しているのに対し、本発明によれば伝送路は実質 1 種類のファイバのみとなる。また、従来技術では異種ファイバどうしの接続箇所が伝送路において 3

箇所存在しているのに対し、本発明によれば接続箇所は 1 箇所のみとなる。

【0 0 2 2】

本発明による第 2 の効果は、[発明が解決しようとする課題] の 2 点目に示した、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易でないという問題点が解決されることである。つまり、集中増幅または分布増幅という 2 つの増幅手段に対して、光増幅中継器内に具備された分散補償素子の相対的な配置位置を変えるだけで、前記 2 つの増幅方式に対してそれぞれ最適な伝送路構成が実現できるため、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易である。

以上に示したように、本発明によれば、比較的簡素で信頼性に優れた伝送路構成で、高速かつ長距離伝送を実現可能な光伝送システムが与えられる。同時に、増幅手段の変更に伴う伝送路構成の最適化が容易な光伝送システムが与えられる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による光伝送システムの一実施形態の構成を示す図である。

【図 2】

本発明による光伝送システムにおいて、伝送スパン 3 0 のスパン構成の第 1 の実施例と、対応する分散マップを示す図である。

【図 3】

本発明による光伝送システムにおいて、伝送スパン 3 0 のスパン構成の第 2 の実施例と、対応する分散マップを示す図である。

【図 4】

本発明による光伝送システムにおいて、伝送スパン 3 0 のスパン構成の第 3 の実施例と、対応する分散マップを示す図である。

【図 5】

本発明による光伝送システムにおいて、伝送スパン 3 0 のスパン構成の第 4 の実施例と、対応する分散マップを示す図である。

【図 6】

伝送スパン 3 0 において、分散補償素子を集中配置する形態の一例と、対応する分散マップを示す。

【図 7】

伝送スパン 3 0 において、分散補償素子を集中配置する形態の別の一例と、対応する分散マップを示す。

【図 8】

図 3、図 5、図 6、図 7 の各伝送スパン構成において、4 0 G b p s - W D M 伝送シミュレーションの結果を示す図である。横軸は伝送距離、縦軸は伝送ペナルティを示す。

【図 9】

図 8 の伝送シミュレーションにより得られた 6, 0 0 0 k m 伝搬後のアイパターンを示す図である。

【図 1 0】

従来技術に開示された伝送路構成における伝送スパン内の分散マップを示す図であって、(a) は [非特許文献 1]、(b) は [非特許文献 2]、(c) は [特許文献 1]、(d) は [非特許文献 3] に開示された従来技術に対応する。

【図 1 1】

[非特許文献 3] に開示された従来技術における、伝送スパン 3 0 のスパン構成と、対応する分散マップを示す図である。

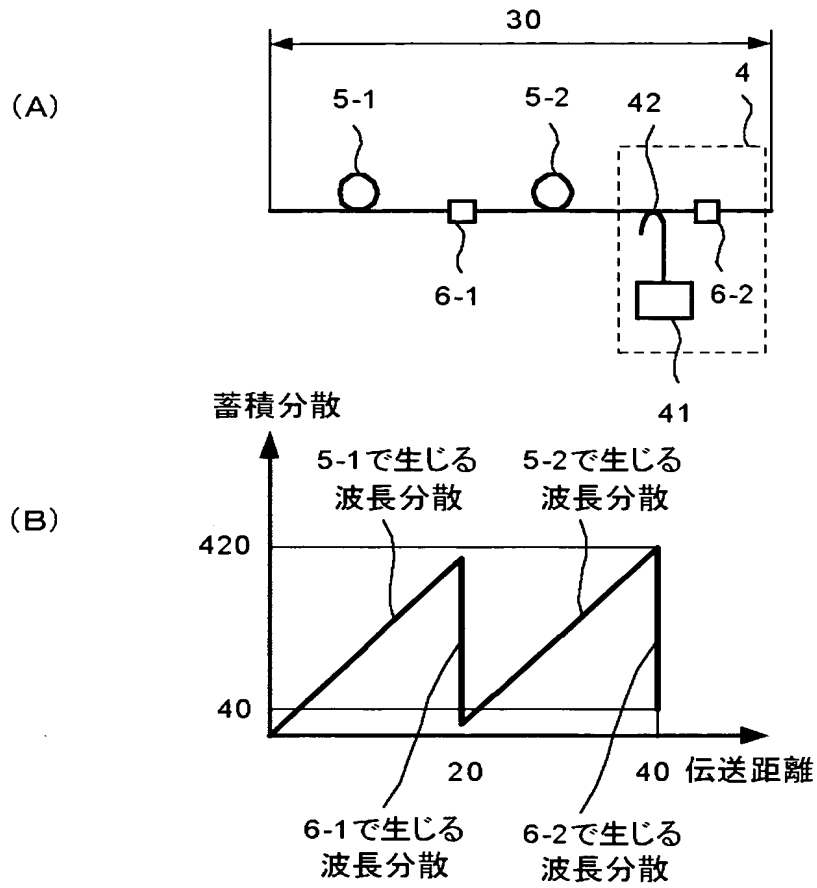
【符号の説明】

- 1 光送信器
- 2 光受信器
- 3 光伝送路
- 4 光増幅中継器
- 5、5 - 1、5 - 2 伝送路ファイバ
- 6、6 - 1、6 - 2 分散補償素子
- 7 分散補償素子
- 9 利得等化器
- 3 0 伝送スパン
- 3 1 スパン
- 4 1 励起光源

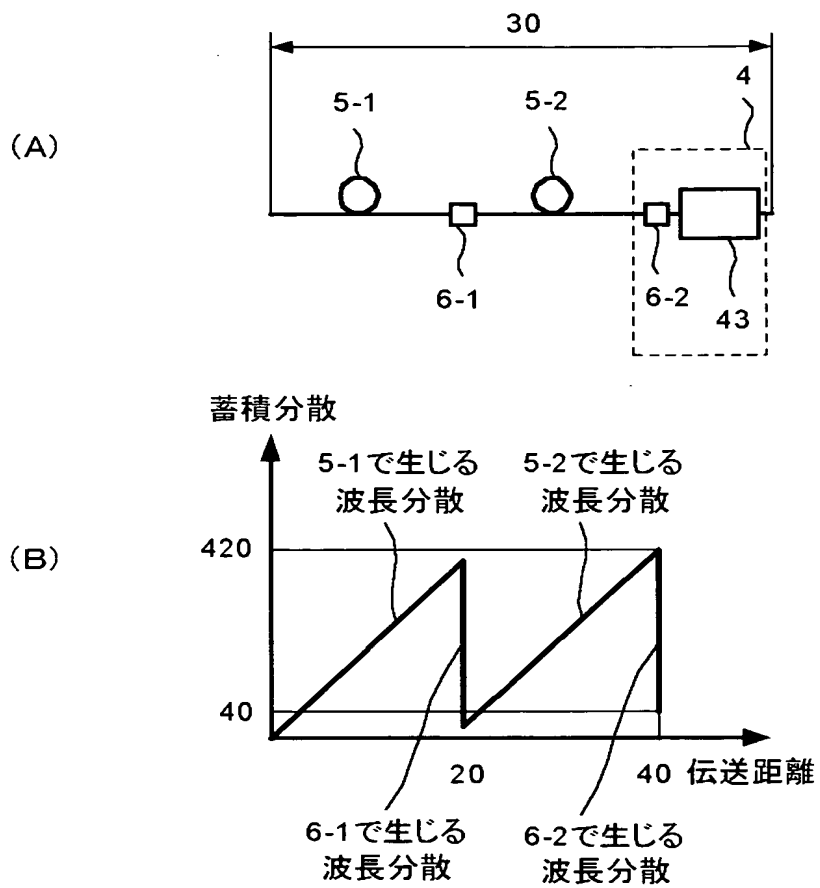
4 2 WDMカップラ

4 3 集中増幅器

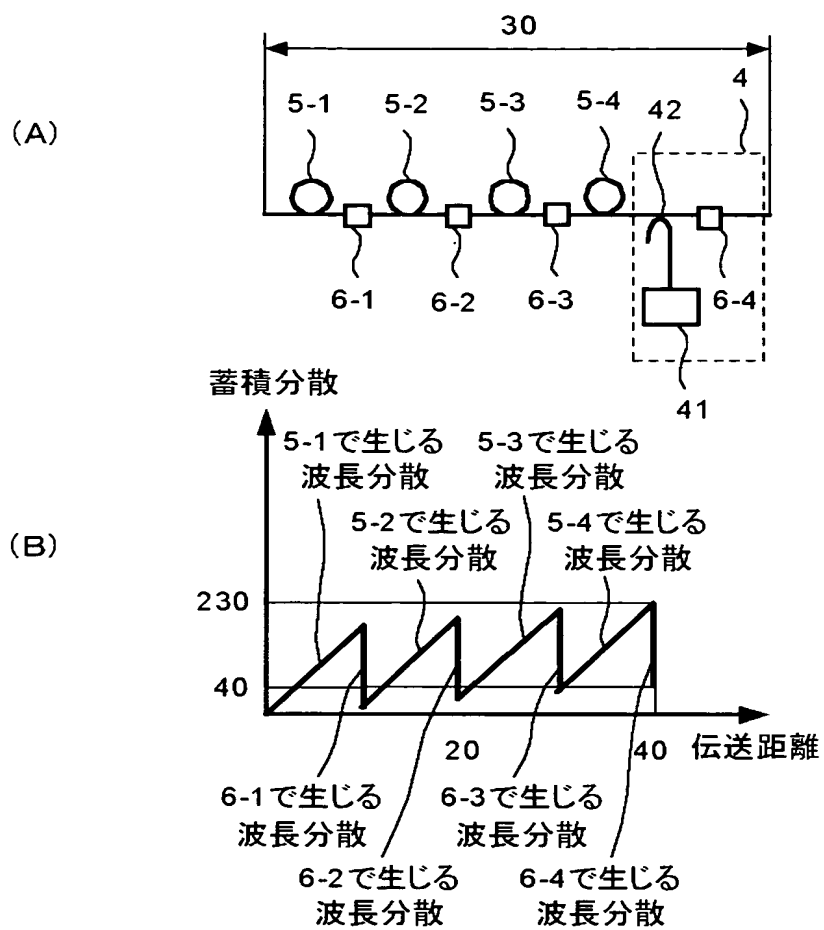
【図 2】



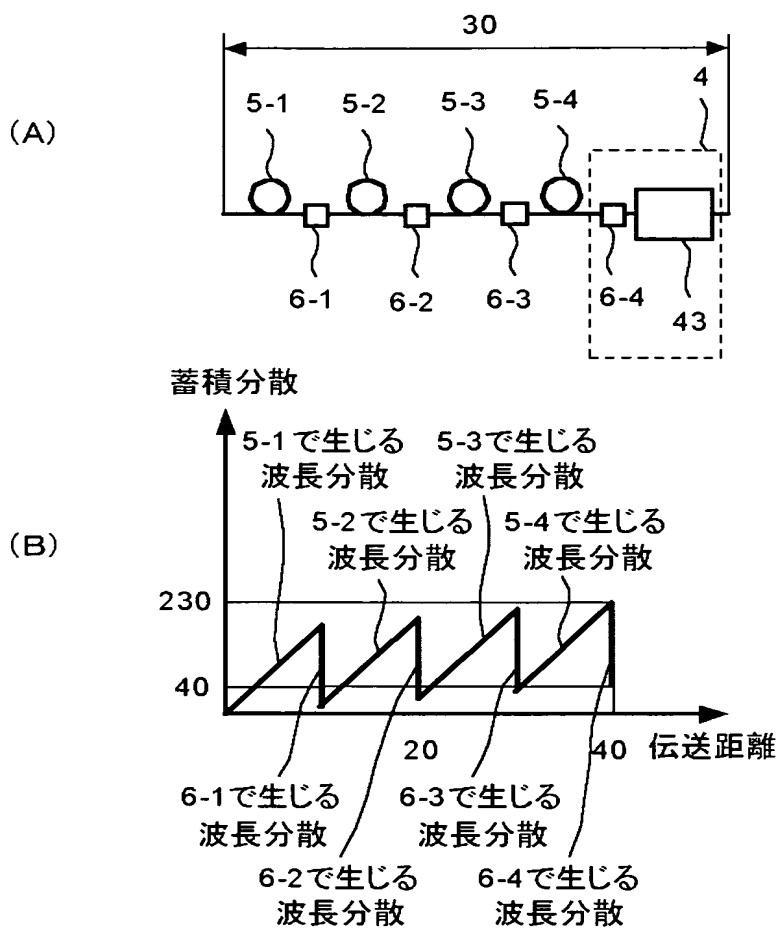
【図 3】



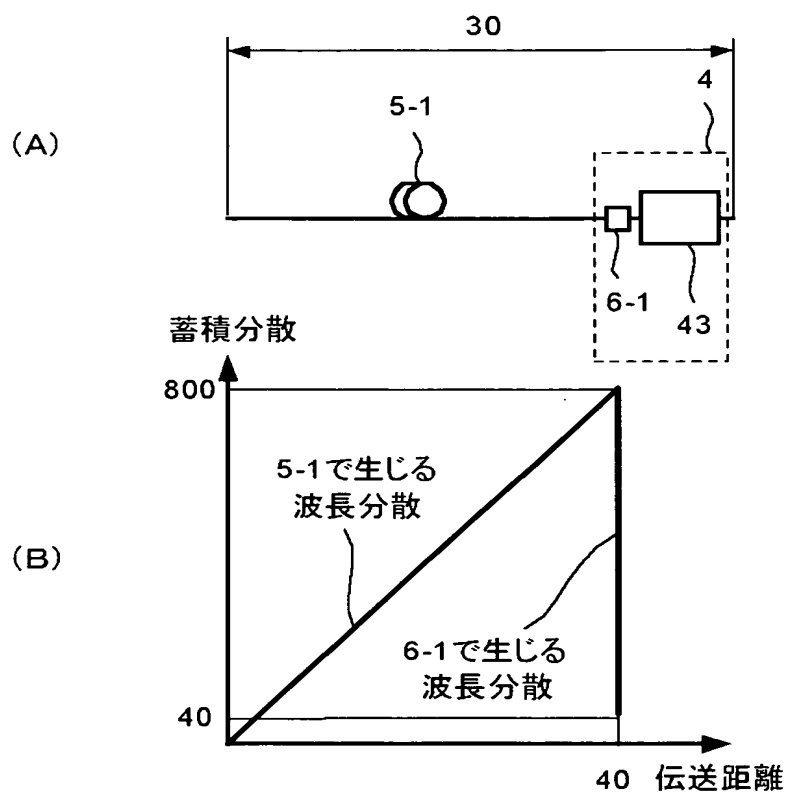
【図 4】



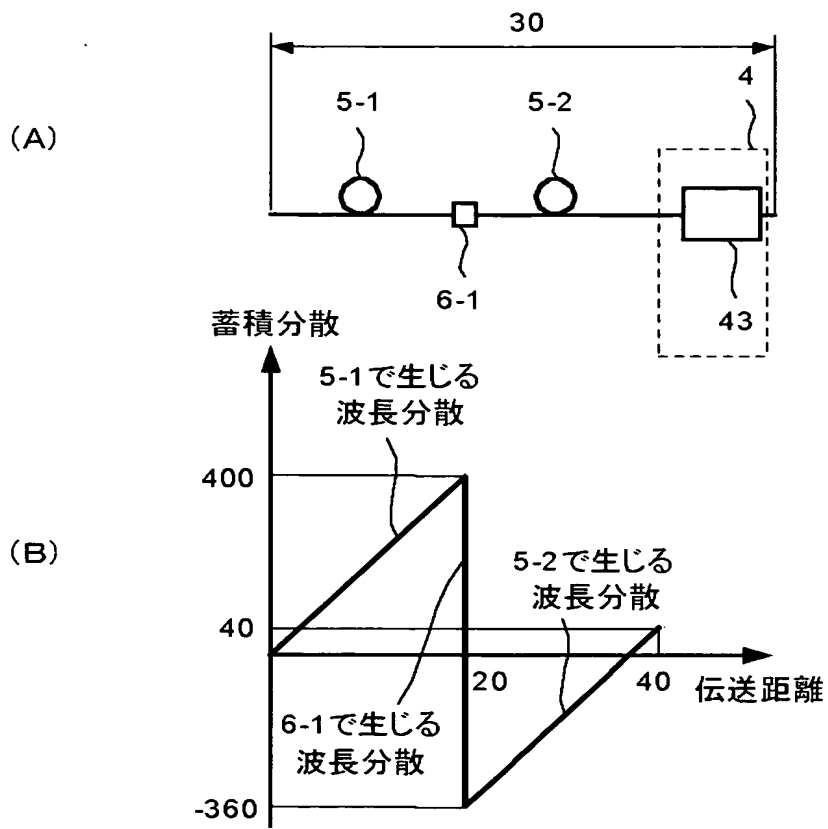
【図 5】



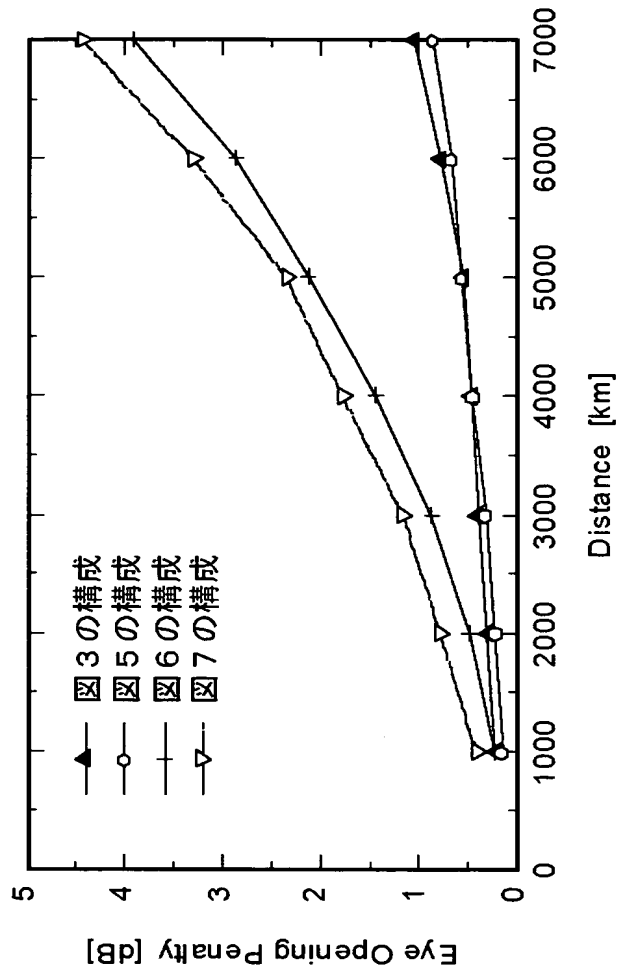
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

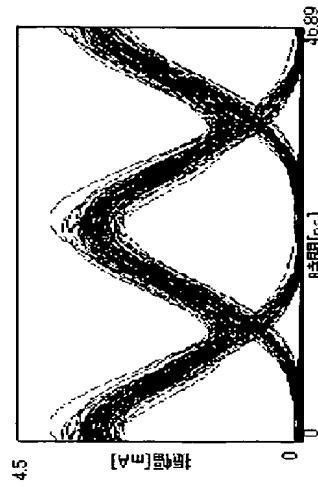


図5の構成

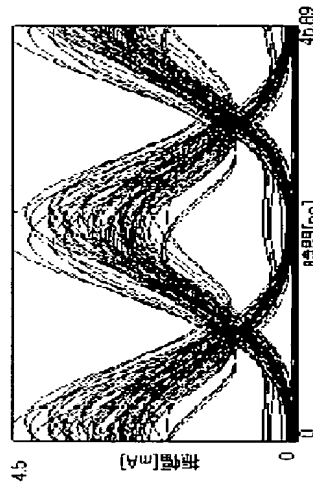


図7の構成

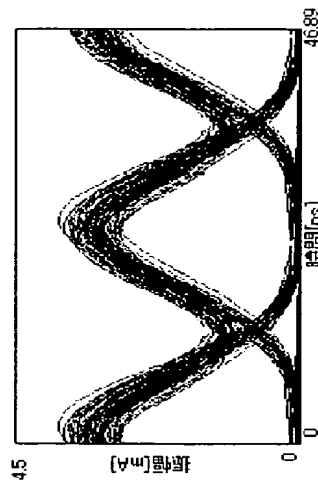


図3の構成

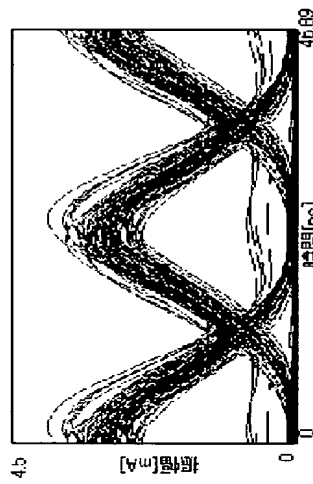
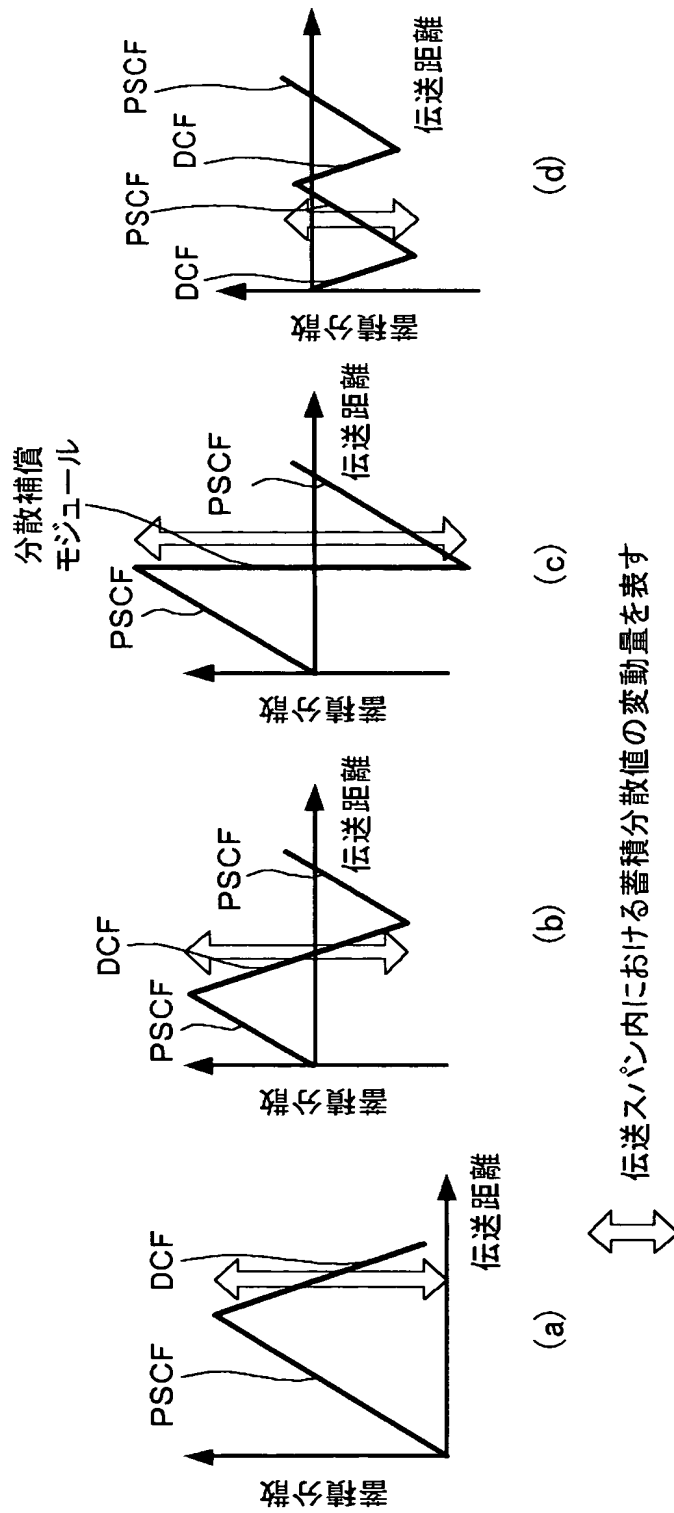


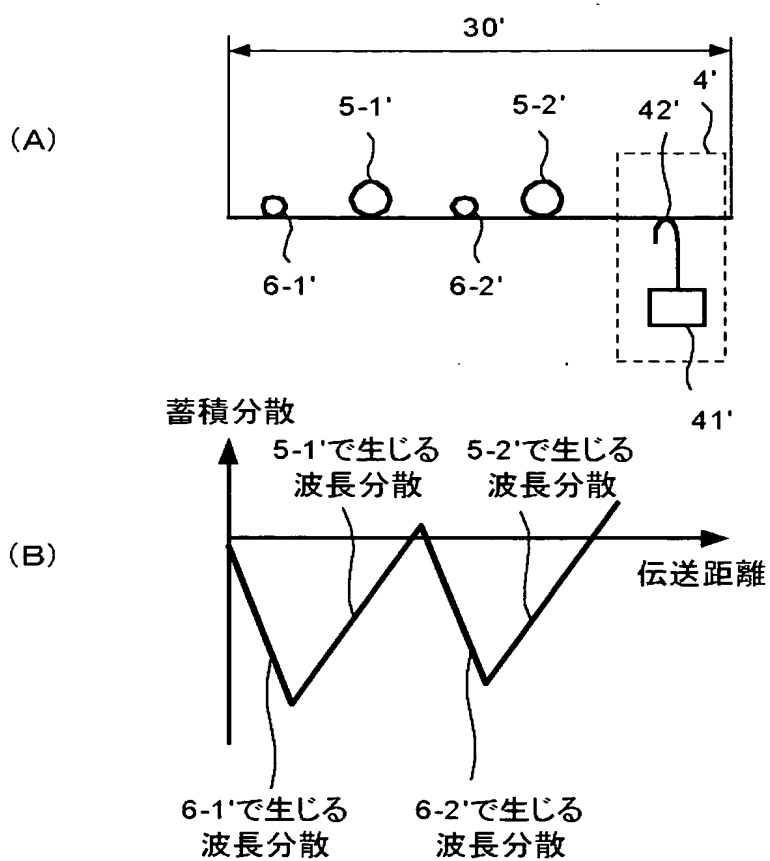
図6の構成

BEST AVAILABLE COPY

【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】信頼性が高く、増幅形態に応じた伝送路構成の最適化が可能な光伝送システムを提供する。

【解決手段】光送信器 1 と、光受信器 2 と、光送信器と光受信器との間に接続された光伝送路 3 と、光伝送路内に分散配置された複数の光増幅中継器 4 とにより構成された光伝送システムであって、光伝送路 3 は複数の光増幅中継器 4 によって複数のスパン 30 または 31 に分割され、複数のスパンのうち光信号を伝送する伝送路ファイバが配置された伝送スパン 30 には、伝送路ファイバにより生じる波長分散を補償する実質的に伝送距離として加算されない複数の分散補償素子 6 が具備され、複数の分散補償素子 6 は、伝送スパンの前後に配置された光増幅中継器内または伝送スパン内の任意の場所のうちの複数箇所に分散配置されている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 7 1 2 8
受付番号	5 0 3 0 0 6 6 7 8 8 1
書類名	特許願
担当官	小野寺 光子 1 7 2 1
作成日	平成 1 5 年 4 月 2 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月22日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 7 1 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社